

## ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ КОНТАКТНОГО ПЛАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА

Контактное плавление является эффективным средством исследования явлений, происходящих на межфазных границах конденсированных фаз. Механизм образования и роста фаз на межфазных границах продолжает оставаться актуальным предметом исследования. Известен ряд гипотез, моделирующих появление жидкости на межфазной границе кристалл А – кристалл В при температуре выше температуры плавления эвтектики сплава А-В – контактное плавление. Наиболее популярной является диффузионная модель, согласно которой после приведения в контакт кристаллов А и В происходит твёрдофазная диффузия атомов А в кристалл В и атомов В в кристалл А. В результате твёрдофазной диффузии в зоне контакта образуются насыщенные твёрдые растворы  $\alpha$  и  $\beta$ . В результате концентрационных флуктуаций в отдельных точках контакта твёрдые растворы пересыщаются и, соответственно, плавятся. Далее диффузионная транспортировка атомов через образовавшуюся жидкость приводит к дальнейшему росту жидкой прослойки.

При контактном плавлении в нестационарно-диффузионном режиме ширина жидкой прослойки растёт пропорционально квадратному корню из времени. Известны работы, в которых экстраполяция указанной параболической зависимости к нулевой толщине прослойки приводила к ненулевому, доходящему до одной-двух минут (при диффузионном отжиге порядка одного часа), временному интервалу. Такой результат интерпретировали в пользу приведённой выше диффузионной гипотезы контактного плавления.

В представляемой работе, используя методику клеточного автомата, оценивали интервал времени между приведением кристаллов А и В в контакт и появлением жидкости при условиях, соответствующих диффузионной гипотезе. Параметрами модели служили вероятности обмена веществом между соседними ячейками (аналог коэффициентов диффузии), находящимися в различных фазовых состояниях, концентрации, соответствующие ликвидусу и солидусу на обеих межфазных границах. Два линейных кристалла, каждый из которых представлял цепочку ячеек, приводились в контакт. В соответствии с диффузионной гипотезой начинался случайный обмен атомами с интенсивностью, соответствующей твёрдофазной диффузии. Одновременно по аналогичному механизму происходил отток продиффундировавших атомов в глубь кристалла. Результаты компьютерного моделирования показали, что необходимое для насыщения приконтактной зоны по твёрдофазному диффузионному механизму время превышает время дальнейшего расплавления всего образца.

Для оценки верхней временной границы начала контактного плавления проводили опыты по кратковременному контактированию кристаллов, составляющих эвтектическую пару. Исследовали пары Bi-Cd, In-Bi и Sn-Bi. Образцы

представляли собой цилиндры диаметром 8 мм с отшлифованными торцами. Образцы укреплялись вдоль общей оси в специальной кассете и подпружинивались навстречу друг другу. Кассета с образцами помещалась в глицериновый термостат, температура в котором поддерживалась с точностью  $+0,2$  °С. Под внешним воздействием торцы образцов кратковременно касались друг друга, после чего под действием пружины контакт прерывался. Время контакта измерялось электронным секундомером, замкнутым на образцы. Затем образцы извлекались и их торцы рассматривались с помощью металлографического микроскопа. Наименьшее время контактирования, которого удалось добиться по описанной методике, равно 0,02 с. Если температура термостата превышала эвтектическую на величину, порядка точности поддержания температуры в термостате, на торцах образцов выявлялись затвердевшие капли. Можно предположить, что капли жидкости образовались не во время контакта, а позднее - в результате плавления твёрдых частичек, оставшихся на торцах после плавления. Для проверки этого предположения проводился аналогичный опыт, но при температуре на  $0,5$  °С ниже эвтектической температуры с дальнейшим повышением температуры до значений выше температуры плавления эвтектики. При этом никаких следов капель на образцах не обнаружено.

Таким образом, наши исследования не подтверждают диффузионную гипотезу контактного плавления.